

## 第35回国際スポーツバイオメカニクス学会大会への 参加報告

著者	山本 敬三, 新開谷 深, 伊藤 佑樹
雑誌名	北翔大学北方圏生涯スポーツ研究センター年報
巻	8
ページ	121-126
発行年	2017
URL	<a href="http://id.nii.ac.jp/1136/00002726/">http://id.nii.ac.jp/1136/00002726/</a>

## 第35回国際スポーツバイオメカニクス学会大会への参加報告

### Report on the 35<sup>th</sup> International Society of Biomechanics in Sports

山 本 敬 三<sup>1)</sup> 新開谷 深<sup>2)</sup> 伊 藤 佑 樹<sup>3)</sup>

Keizo YAMAMOTO<sup>1)</sup> Fukushima SHINKAIYA<sup>2)</sup> Yuki ITO<sup>3)</sup>

#### I. はじめに

2017年6月14日から18日に、35<sup>th</sup>International Society of Biomechanics in Sports (以下、ISBS)が、ドイツのケルン体育大学で開催されたISBSはスポーツバイオメカニクスに関する国際的な学会であり、最新の研究成果の発表や情報交換ができる学術会議である。今回は、1140題の一般研究報告があった。著者らは北方圏生涯スポーツ研究センター(以下、スポル)の研究成果2題を発表した。ここでは、その概要について報告する。

#### II. 研究発表内容報告

##### 1. EFFECT OF FOOT ROTATION ANGLE ON THE ROTATIONAL RANGE OF MOTION OF TRUNK AND PELVIS

Keizo Yamamoto, Yuki Ito and Fukushima Shinkaiya

##### 概要

本研究の目的は、足の回転角度が体幹と骨盤の回転可動域(Range of Motion; ROM)に及ぼす影響を調べることであった。この研究には、11人の健常男性(年齢: 21.5±1.7歳, 身長: 1.713±0.065m, 体重: 65.4±9.1kg; 平均±標準偏差)が参加した。両脚支持の立位姿勢時における股関節の最大内外旋角度を計測し、その中央値を「センター角」と定義した。計測では、STANCER(GB08004, gyro-technology社)を用いた。このセンター角に基づいて、5つの異なる足の回転角度(foot rotation angle)の条件で、立位姿勢時における体幹の水平回旋可動域を求めた。足の回転角度の条件は、センター角、センター角から±15度、±30度とした。動作計

測では、光学モーションキャプチャシステム(MAC3D, Motion Analysis社)および2つのフォースプレート(BP6001200, AMTI社)を使用した。分析では、3次元動作分析ソフトウェア(Visual3D, C-motion社)を用い、骨盤および体幹のROMを求めた。なお、体幹については、4セグメントに分割して、セグメント毎にROMを算出した。床反力の分析では、対称性指数(Symmetry Index; SI)とフリーモーメントを求めた。ここで、SIとは左右下肢への荷重のバランスを示し、以下の式によって算出される。

$$SI = \frac{vGRF_R - vGRF_L}{0.5(vGRF_R + vGRF_L)} \times 100 (\%)$$

ここで、 $vGRF_R$ と $vGRF_L$ はそれぞれ、右足、左足に作用する床反力の鉛直方向成分である。

フリーモーメントとは、足が地面に及ぼす回転作用への反モーメントであり、足圧中心点から垂直方向への軸周りに作用するモーメントである。条件間の比較では分散分析を用い、ポストホックテストとしてBonferroni法を用いた。有意水準は5%未満とした。

結果、骨盤部のROMは、中心角の状態とROMと比較して-30°または+30°の条件で有意に減少した。力学的な分析では、足の回転角が外部に大きくなると、回転側の足の荷重負荷が増加し、フリーモーメントが減少した。

立位姿勢が体幹のROMに及ぼす影響を調査した研究には、Montgomery, Boockock, & Hing (2011)<sup>1)</sup>やEdmondston et al. (2007)<sup>2)</sup>, Burnett et al. (2008)<sup>3)</sup>などがあるが、計測条件に足の回転角を考慮した研究報告はない。本研究成果はゴルフスウィング時の最適スタンスや、スノーボードのビンディング取り付け角度の探索などに応用できるため、指導現場における有用性は高い。

1) 北翔大学生涯スポーツ学部スポーツ教育学科

2) 日本医療大学

3) 北翔大学大学院生涯スポーツ学研究科(現所属: 株式会社サーベイリサーチセンター)

この研究から、以下の知見を得た。

- 1) 足の回転角度は、特に骨盤のROMに影響する。
- 2) 足の回転角度は、荷重バランスやフリーモーメントといった力学的な要素にも影響も及ぼす。
- 3) センター角は、個人の最適足角を探索するのに有用である。

上記研究の発表のスライドを資料1に示す。

## 2. EFFECT OF FOOT ROTATION ANGLE ON TRUNK ROTATIONAL STRENGTH AND PHYSICAL QUANTITY TO ROTATE THE BODY

Fukashi Shinkaiya, Yuki Ito and Keizo Yamamoto

### 概要

本研究の目的は足の回転角度が体幹回旋力と、その体幹回旋力を発揮する運動力学的メカニズムを明らかにすることであった。本研究では10名の健常男性（年齢： $22.5 \pm 1.6$ 歳，身長： $173.2 \pm 4.5$ cm，体重： $65.4 \pm 7.7$ kg；平均 $\pm$ 標準偏差）を対象とした。足回転角度の条件は、センター角を基準とした5条件とし、被験者には、立位姿勢で最大の体幹回旋力を発揮するよう指示した。足の回転角度の条件は、センター角，センター角から $\pm 15$ 度， $\pm 30$ 度とした。体幹回旋力の計測では、フォースゲージセンサー（DPZS-DPU-500N，IMADA社）を用いた。センサー部を被験者の右側に固定し、非伸縮性のロープでパイプハンドルと繋ぐ。被験者は、両上肢でこのハンドルを両手で把持し、肘関節を伸展させた状態で、体幹を左回旋させる。実際にはハンドルはロープでセンサーと繋がっているため、体幹は回旋することなく、活動筋の等尺性収縮による回旋力が計測される。ここでは、センサーで計測される引張力を体幹回旋力とした。動作計測では、光学的モーションキャプチャシステム（MAC3D，Motion Analysis社）と2台のフォースプレート（BP6001200，AMTI社）を用いた。分析では、3次元動作分析ソフトウェア（Visual3D，C-motion社）を用い、被験者の重心位置，左右の足圧中心点間の距離，左右の床反力による重心まわりの回転作用およびフリーモーメントを求めた。条件間の比較では分散分析を用い、ポストホックテストとしてBonferroni法を用いた。有意水準は5%未満とした。

結果、いずれの条件間においても体幹回旋力には有意差は認められなかった。しかし、条件間で体幹回旋力発揮のメカニズムに違いが観察された。足の回転角が外転方向に増加するにつれて、右足に作用するフリーモーメントが減少し、両足に作用する床反力による重心周りのモーメントが増加した。この時、左右の足圧中心点間の

距離も増加することが分かった。著者らが調べる限り、足の回転角度が体幹回旋力発揮メカニズムに及ぼす影響を調べた研究報告はなく、本研究の意義は大きい。

この研究から、以下の知見を得た。

- 1) 足の回転角度は、体幹回旋力に影響しない。
- 2) 足の回転角度によって、体幹回旋力発揮のメカニズムに違いが生じる。
- 3) 個人の最適足角を探索するのにセンター角を用いる意義が示された。

上記研究の発表のスライドを資料2に示す。

### 付 記

本研究は、平成27・28年度北方圏生涯スポーツ研究センターの選定事業として実施された。この研究内容に関する利益相反事項はない。

### 文 献

- 1) Montgomery T, Boocock M, Hing W. The effects of spinal posture and pelvic fixation on trunk rotation range of motion. *Clin Biomech*, 26 (7) : 707-712, 2011. <http://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2011.02.010>
- 2) Edmondston SJ, Aggerholm M, Elfving S, et al : Influence of posture on the range of axial rotation and coupled lateral flexion of the thoracic spine. *Manipulative Physiol Therapeu*, 30 (3) : 193-199, 2007. <http://doi.org/10.1016/j.jmpt.2007.01.010>
- 3) Burnett A, O'Sullivan P, Ankarberg L, et al. Lower lumbar spine axial rotation is reduced in end-range sagittal postures when compared to a neutral spine posture. *Manual Therapy*, 13 (4) : 300-306, 2008. <http://doi.org/10.1016/j.math.2007.01.016>

# Effect of foot rotational angle on the rotational range of motion of trunk and pelvis

Keizo Yamamoto<sup>1</sup>, Yuki Ito<sup>2</sup> and Fukashi Shinkaiya<sup>3</sup>



1) Hokusho University  
2) Graduate School of Hokusho University  
3) Nihon Welfare and Rehabilitation School



## Introduction

In sports, during movements such as the swinging in golf or pitching in baseball, the trunk axial-rotation is considered to be an important factor in determining performance and preventing injuries.

(Okuda, Gribble, & Armstrong, 2010; Fleisig et al., 2013)

Standing stance including foot rotation angle and stance width is also considered to affect the performance.

(Almosnino, Kingston, & Graham, 2013; Lynn, Kajaks, & Costigan, 2008)

However, in the previous study, the standard of foot rotation angle was set to parallel or self-selection.

(Escamilla, 2001; Ninos, Irrgang, Burdett, & Weiss, 1997; Signorile et al., 1995)

The evidence-based optimal angle for individual has not been clear yet.

What is the optimal stance for me?

**Purpose:**  
To investigate the effect of foot rotation angle on the rotational ROM (range of motion) of trunk and pelvis.

## Methods

### Subjects:

Eleven healthy males

age : 21.5 ± 1.7 years old  
height : 1.71 ± 0.07 m  
mass : 65.4 ± 9.1 kg

### Task:

Maximal trunk rotation on the condition of 5 foot Rot. angles  
Stance width was set to 42cm (shoulder width)

### Conditions of foot Rot. angles:

central angle and

+/-15°, +/-30° from the central angle



## Central angle & Conditions



- The STANCER measures the maximum Int. and Ext. rotation for 3 times.
- The central angle was obtained by averaging the angles of Int. and Ext. Rots.

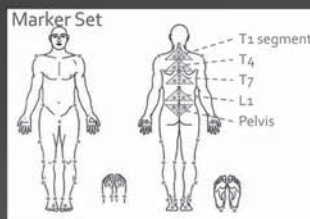


## Experimental Setup

### Optical MoCap System

(MAC3D, MotionAnalysis, USA; 12 Cam., 100Hz)

### 2 Force Plate (AMTI, USA, 1kHz)



## Analysis

### Motion Analysis Software:

Visual3D (C-Motion, Inc., USA).

### The analysis items:

- 1) The ROM of trunk (T1, T4, T7 & L1) and pelvis segment

Those ROM were obtained relative to global co-ordinate system.

- 2) Balance of weight bearing at the maximum rotation (SI; Symmetry Index)

$$SI = \frac{GRF_R - GRF_L}{0.5(GRF_R + GRF_L)} \times 100 (\%)$$

(GRF; vertical component of Ground Reaction Force)

- 3) Free moment at the maximum rotation

The reaction to the force couple exerted by the foot, that is acting about a vertical axis originating at the foot's COP (center of pressure).



### Stats. processing

One-way ANOVA (analysis of variance) and Post hoc test; p<.05 as significant

The effect size as eta-squared; large (≥.14), moderate (≥.06) or small (≥.01).


(Cohen, 1988)



## Results and Discussions

### ROM of trunk and pelvis

Rotating the most



segment	conditions					Effect size
	-30deg	-15deg	central angle	+15deg	+30deg	
T1	171.8 ± 27.6 <sup>a</sup>	190.3 ± 28.4	207.0 ± 17.0 <sup>a</sup>	190.6 ± 26.0	176.2 ± 28.7	.20
T4	146.4 ± 27.4	164.2 ± 31.0	179.4 ± 21.1	164.2 ± 27.2	150.7 ± 28.6	.17
T7	114.5 ± 28.1	129.1 ± 36.0	145.1 ± 26.1	130.9 ± 32.0	116.5 ± 29.3	.13
L1	89.1 ± 18.4	105.2 ± 30.4	118.3 ± 15.4 <sup>b</sup>	105.1 ± 27.6	87.8 ± 26.1 <sup>b</sup>	.20
pelvis	78.5 ± 17.7 <sup>a</sup>	94.2 ± 28.5	107.5 ± 16.5 <sup>a,b</sup>	94.3 ± 25.0	79.9 ± 21.8 <sup>b</sup>	.20

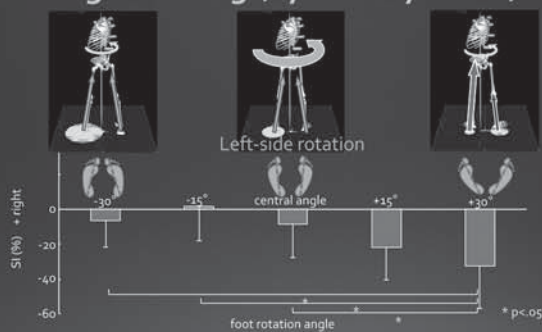
Mean ± S.D., deg

<sup>a</sup> Significant differences ( $p < .05$ ) between -30deg and central angle

<sup>b</sup> Significant differences ( $p < .05$ ) between central angle and +30deg

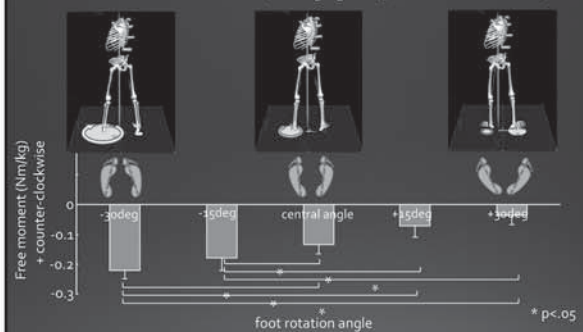
The effect sizes were interpreted as large ( $\geq .14$ ), moderate ( $\geq .06$ ) or small ( $\geq .01$ ).

### Weight bearing (Symmetry Index)



The weight bearing shifted to the left foot (rotational side) as the foot rotation angle opened externally.

### Free moment (on left foot; rotational side)

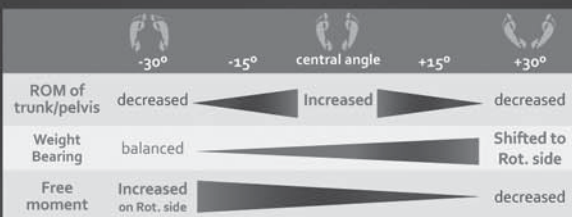


The free moment on the left foot (rotational side leg) became bigger, as the foot rotation angle was closed internally.

## Conclusion

### Main findings:

- 1) Foot rotation angle affects the ROM of pelvis, especially.
- 2) Foot rotation angle also affects mechanically; weight bearing or free moment.
- 3) The central angle is useful to search the optimal foot angle for individuals.



	-30°	-15°	central angle	+15°	+30°
ROM of trunk/pelvis	decreased		Increased		decreased
Weight Bearing	balanced				Shifted to Rot. side
Free moment	Increased on Rot. side				decreased



日本医療大学  
JAPAN UNIVERSITY OF HEALTH SCIENCES



北翔大学

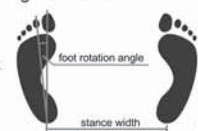
## EFFECT OF FOOT ROTATION ANGLE ON TRUNK ROTATIONAL STRENGTH AND PHYSICAL QUANTITY TO ROTATE THE BODY

Fukushi Brinkay<sup>1</sup>, Yuki Ito<sup>2</sup> and Kaito Yamamoto<sup>3</sup>  
Department of Physiotherapy Niwa Welfare and Rehabilitation School, Eniwa, Japan<sup>1</sup>  
Graduate School of Hokkaido University, Ebetsu, Japan<sup>2</sup>  
School of Lifelong Sport, Hokkaido University, Ebetsu, Japan<sup>3</sup>

## INTRODUCTION:

~ Position of feet is an important factor for performance ~

- Rotation range and rotation power of trunk is considered as key motion for performance improvement and injury prevention for sports such as golf, tennis and baseball.
- The position of the legs have been empirically coached in the field of sports.
- The effect of foot rotation angle on trunk rotational strength has not been clarified.
- The purpose
  - To investigate the effect of foot rotation angle on the trunk rotational strength and to provide an optimal foot rotation angle.



## METHODS:

### Subjects

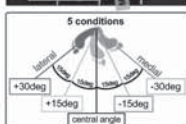
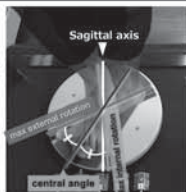
- 10 healthy males (mean  $\pm$  SD)

- age:  $22.5 \pm 1.6$  years
- height:  $173.2 \pm 4.5$  cm
- mass:  $65.4 \pm 7.7$  kg

### Experimental setting

- stance width: 42 cm
- foot rotation angle (FRA)
- STANCER (gyro Technology Co., Ltd. Japan)
- The central angle
  - average value of max internal- and external rotation
- 5 conditions

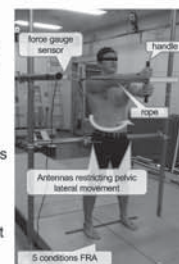
-30deg -15deg central angle +15deg +30deg



## METHODS:

### Measurement

- Optical motion capture system (MAC3D, Motion Analysis Corp., USA, 100Hz)
- 12 IR cameras, 2 Force plates (BP6001200, AMTI Inc. USA, 1kHz)
- Reflective markers: Helen Hayes marker set
- The trunk rotational strength
  - Force gauge sensor (DPZS-DPU-500N, IMADA Co., Ltd., Japan, 100Hz)
  - Subjects were instructed to grasp the handle with both hands and pull it with maximum effort for five seconds.
  - We measured the drag force pulling the handle during the isokinetic trunk rotation.
  - The antennas were placed on both sides of the pelvis to limit the lateral movement of the pelvis.



## DATA ANALYSIS:

- Visual3D (C-Motion, Inc., USA) was used.

### Analysis parameters

- The maximum drag force as the trunk rotational strength
- The free moment (FM) acting on both feet
- The horizontal component of the moment around the center of mass ( $M_{COM}$ ) by the ground reaction forces (GRF) on both at that time.
- The distance between the COPs of the left and right feet.

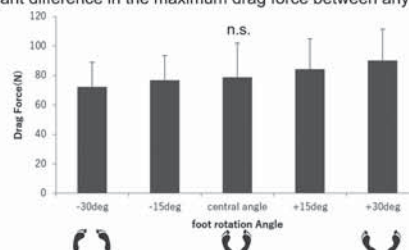
### Statistical process

- one-way ANOVA was used to compare means among conditions.
- Post hoc analyses were performed with the multiple comparisons test
- F ratio for the ANOVA was significant at  $p < .05$ .



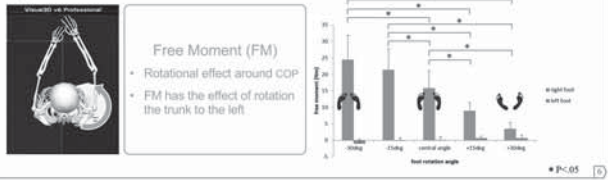
## Result 1: Maximum drag force between any conditions

- No significant difference in the maximum drag force between any conditions.



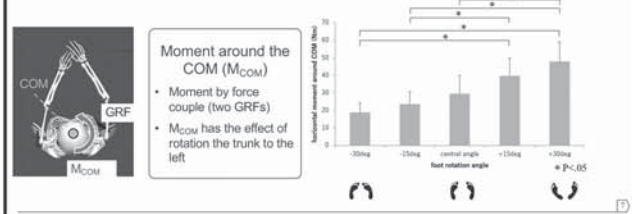
### Result 2: Free Moment(FM) acting on both feet

- The FM acting on the right foot decreased as the FRA increased externally.
- Significant differences were observed between some conditions.
- On the other hand, the FM acting on the left foot was so slight, and no significant difference was found between the conditions.



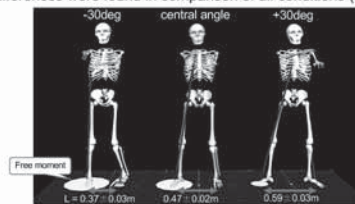
### Result 3: The moment around the center of mass( $M_{COM}$ )

- As the foot rotation angle increased,  $M_{COM}$  also increased.
- It was shown that the bio-mechanisms that exert trunk rotational strength differ between the conditions of foot rotation angle.



### Result 4: The distance between the COPs(L)

- GRF vector acting on the right foot became vertical under the internal condition (-30deg) and L increased on the condition of external foot rotation (+30deg).
- It was increased with increasing foot rotation angle externally.
- Significant differences were found in comparison of all conditions ( $P<.01$ ).



### DISCUSSION:

- ~The condition of FRA in the standing posture influences trunk rotational strength~
- There was no difference in trunk rotational strength between the conditions.
- Interestingly, however, it was shown that the bio-mechanisms that exert trunk rotational strength differ between the conditions of foot rotation angle.
- Internal FRA (-30deg, -15deg)
  - The trunk rotational strength was exercised mainly by using the free moment acting on the right foot
  - In the internal conditions, since the hip joint is internally rotated, it is considered that it was in a posture capable of generating the hip external rotation moment.
- External FRA (+15deg, +30deg)
  - The trunk rotational strength was mainly produced by  $M_{COM}$ .
  - The reason why the  $M_{COM}$  increased in the external condition was thought to be because the L(distance between the COPs) corresponding to the lever arm of the  $M_{COM}$  was lengthened.

	-30deg	-15deg	central angle	+15deg	+30deg
Free Moment	increase				decrease
$M_{COM}$	decrease			increase	
L(COPs distance)	short				long

### CONCLUSION:

- ~ The central angle plays an important role in searching for optimal foot rotation angle ~
- The foot rotation angle did not affect the trunk rotational strength.
- It became clear that this angle greatly influences the biomechanical mechanism in generating the trunk rotational strength.
- Based on the central angle, free moment in the internal condition and the  $M_{COM}$  in the external condition mainly affected the trunk rotational strength.